Die magnetischen Konstanten von Komplex- und Doppelsalzen des Kobalts, Nickels und Eisens in festem und gelöstem Zustande.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Hohen Philosophischen Fakultät der
Vereinigten Friedrichs-Universität
Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Georg Depold
aus Helmstedt (in Braunschweig).

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Halle a. S. — 1913.
Hofbuchdruckerei von C. A. Kaemmerer & Co.

Referent: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **E. Dorn.**

In dankbarer Verehrung
meinen Eltern gewidmet.

Inhalt.

Seite

Einleitung 7
Inhaltsübersicht 7
Einiges über die Literatur des Gegenstandes . . 8
Methode der Untersuchungen 12
Beschreibung des Torsionsapparates 16
Verlauf der Beobachtungen 18
Prüfung der untersuchten Salze 21
Eichung des Torsionsapparates 22
Versuche an Salzen 23
Nickelnatriumcyanür 25
Nickelkaliumcyanür 29
Kobalticyannatrium 31
Kobalticyankalium 33
Kaliumtetranitrodiaminkobaltiak 35
Carbonatotetraminkobaltinitrat 37
Kobaltinatriumoxalat 39
Kobaltikaliumoxalat 41
Kobaltiammoniumoxalat 43
Kobaltikaliumnatriumoxalat
$K Na_2 [Co (C_2O_4)_3] + 3 H_2O$ . . . 45
Kobaltikaliumnatriumoxalat
$K_3 Na_3 [Co_2 (C_2O_4)_6] + 6H_2O$ . . 47
Ammoniumnatriumkobaltinitrit 50
Ammoniumkobaltorhodanit 53
Kaliumferrioxalat 58
Zusammenfassung der Resultate 62

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544701_0039

Einleitung.

Inhaltsübersicht.

Im hiesigen physikalischen Institut ist von Herrn H. Moehle eine Anzahl von Kobalt- und Nickelsalzen in wässriger Lösung hinsichtlich ihrer magnetischen Suszeptibilität und ihres Molekularmagnetismus untersucht worden.

Im Anschluss daran habe ich mich auf freundliche Anregung des Herrn Prof. Dr. E. Dorn mit den magnetischen Untersuchungen von Komplex- und Doppelsalzen des Eisens, Kobalts und Nickels beschäftigt.

Zu diesen Untersuchungen diente ein Torsionsapparat, der in Anlehnung an das Prinzip des G. Wiedemannschen Torsionsapparates von Herrn Dr. P. Tänzler zur Untersuchung von Gasen zusammengestellt war.

Die Leistungsfähigkeit und Empfindlichkeit des Apparates ist durch eine Reihe von Untersuchungen an gasförmigen, flüssigen und festen Stoffen von den Herren Dr. Tänzler, Bernstein, Moehle und Behnsen hinlänglich festgestellt worden.

In vorliegender Arbeit wurden nun mit Hülfe dieses Torsionsapparates die magnetischen Konstanten folgender Salze in fester, pulverisierter Form und in Form ihrer wässrigen Lösungen bestimmt.

I. Beständige Komplexsalze:

a) Cyansalze:

Kobalticyannatrium,
Kobalticyankalium,

Nickelnatriumcyanür,
Nickelkaliumcyanür,

b) Kobaltiaksalze:

Kaliumtetranitrodiaminkobaltiak,
Carbonatotetraminkobaltinitrat.

II. Unbeständige Komplexsalze:

Kobaltinatriumoxalat,
Kobaltikaliumoxalat,
Kobaltiammoniumoxalat,
Kobaltikaliumnatriumoxalat $KNa_2[Co(C_2O_4)_3]+3H_2O$
Kobaltikaliumnatriumoxalat $K_3Na_3[Co_2(C_2O_4)_6]+6H_2O$
Ammoniumnatriumkobaltinitrit.

III. Doppelsalze, deren chemische Eigenschaften teilweise auf komplexe Jonen hinweisen, welche sich jedoch im magnetischen Felde wie Normalsalze verhalten:

Ammoniumkobaltorhodanit,
Kaliumferrioxalat.

Einiges über die Literatur des Gegenstandes.

Untersuchungen über die magnetischen Eigenschaften von Salzen und deren Lösungen sind schon in großer Zahl ausgeführt worden. Ausführliches möge darüber in „Winkelmanns Handbuch der Physik" Bd. V,[1]) in „Wiedemanns Elektrizität" Bd. III,[2]) und in den dort angegebenen Stellen der Annalen nachgelesen werden.

Nur die betreffenden Arbeiten einiger Autoren mögen hier Erwähnung finden, um die zu den Untersuchungen dieser Art verwandten Methoden kurz zu charakterisieren.

---

1) Winkelmann, Handbuch der Physik Bd. V, Elektrizität und Magnetismus II, 268 ff.

2) Wiedemann, Elektrizität Bd. III S. 843 ff.

Faraday[1]) hat zuerst die Methode angewendet, die Anziehung bezw. Abstoßung einer in einem Glasballon befindlichen Flüssigkeit im Magnetfelde durch die Torsionskraft eines Drahtes zu kompensieren und die mit Fernrohr, Spiegel und Skala festgestellte Ablenkung als relatives Maß für die Magnetisierungskonstante der betreffenden Flüssigkeit zu verwenden. Er hat mit seinem Verfahren gute quantitative Ergebnisse erzielt.

Wesentlich anders ist die Versuchsanordnung Plückers[2]):

Auf der einen Seite einer empfindlichen Hebelwage wurde die Wagschale durch ein Uhrglas ersetzt, welches immer mit einem gleich großen Volumen der zu untersuchenden Flüssigkeiten gefüllt war. Durch Auflegen von Gewichten auf die andere Seite der Wage wurde zunächst die Wage austariert.

Unter dem Uhrglas befand sich in ganz geringem Abstande ein starker Elektromagnet, welcher nach seiner Erregung die Flüssigkeit anzog resp. abstieß, so daß, um die Wage wieder ins Gleichgewicht zu bringen, auf der andern Seite Gewichte hinzugefügt bezw. abgenommen werden mußten. Diese hinzugefügten bezw. abgenommenen Gewichte waren also ein Maß für die Kraft, mit der die Flüssigkeit angezogen bezw. abgestoßen wurde und somit auch ein Maß für die Suszeptibilität der betr. Flüssigkeit.

Zur Untersuchung des Magnetismus von Flüssigkeiten hat Quincke[3]) eine Methode angegeben, welche auch jetzt noch häufig benutzt wird und unter dem Namen „der Quinckeschen Steighöhen- oder Denivellations-Methode“ bekannt ist:

Zwischen die Pole eines starken hufeisenförmigen Elektromagneten wird der enge kalibrierte Schenkel einer U-förmig gebogenen Glasröhre gebracht, welche mit der zu untersuchenden Flüssigkeit so weit gefüllt wird, daß die Flüssig-

1) Pogg. Ann. 88. 557. 1855; Wiedem. „Elektrizität“ Bd. III 980ff.
2) Pogg. Ann. 74. 321 ff. 1848.
3) Wiedem. Ann. 24. 347. 1885.

keitskuppe im engern Schenkel sich gerade in der Mitte zwischen den Polen befindet.

Nach Erregung des Magnetfeldes steigt oder fällt die Flüssigkeitssäule, je nachdem eine peramagnetische oder diamagnetische Flüssigkeit zur Untersuchung vorliegt.

Die abgelesene Höhendifferenz ist dann ein Maß für den Druck, den das Feld auf die Grenzflächen der Flüssigkeit ausübt, und dieser Druck steht in Beziehung zur Suszeptibilität. Nach Quinckes theoretischen Untersuchungen[1]) ist dieser Druck

$$P = \frac{\varkappa}{2} \cdot \mathfrak{H}^2,$$

wenn $\mathfrak{H}$ die herrschende Feldstärke und $\varkappa$ die Suszeptibilität der untersuchten Flüssigkeit bezeichnet.

Die Quinckesche Steighöhenmethode gelangt so zu Resultaten, welche im absoluten Maßsystem ausgedrückt sind.

Reiches Material auf diesem Gebiete hat auch G. Wiedemann[2]) beigetragen, indem er vornehmlich die Beziehungen der magnetischen Suszeptibilität der Salze zu ihrer chemischen Zusammensetzung feststellte und die Abhängigkeit der Suszeptibilität von der Temperatur untersuchte.

Zu seinen Untersuchungen bediente er sich eines Torsionsapparates, der im Wesentlichen nach dem Prinzip der Faradayschen Torsionswage eingerichtet war.

Es erübrigt sich, die von Wiedemann zusammengestellte Einrichtung hier wiederzugeben, da der von Herrn Dr. P. Tänzler konstruierte und zu den folgenden Untersuchungen verwandte Torsionsapparat, welcher sich eng an das Prinzip des Wiedemannschen Torsionsapparates anschließt, im Folgenden noch ausführlich beschrieben wird.

Interessante Ergebnisse auf diesem Gebiete verdanken wir neuerdings P. Pascal[3]), welcher unter Benutzung der

---

1) Vergl. Winkelmann, Handbuch der Physik Bd. V, Aufl. II. 1908 S. 117 und 252.

2) Wiedemann, „Elektrizität" III., 955 ff.

3) Compt. rend 147. 56. 1908.

schon erwähnten Quinckeschen Steighöhenmethode die Suszeptibilitäten von Komplexsalzen bestimmte und diese zu den Suszeptibilitäten von Normalsalzen gleichen Eisengehalts in Beziehung setzte. Zunächst verglich er Lösungen von Ferricyankalium, Natriumferripyrophosphat und Natriumferrimetaphosphat mit einer Eisenchloridlösung. Die Lösungen enthielten sämtlich je 2,85 g pro 1000 ccm Lösung an Eisen. Es ergab sich, daß die Komplexsalzlösungen nur ganz geringe oder gar keine Suszeptibilität besaßen. Wurde jedoch der Komplex durch eine Säure zerstört, so zeigte sich, daß die durch die Säure verursachte Umwandlung in die betreffenden Normalsalze mit einer Zunahme der Suszeptibilität verknüpft war. Dann wurden auch Kobalt-, Chrom-, Mangan-, Kupfer- und Quecksilbersalze zur Beobachtung herangezogen und mit diesen Salzen analoge Versuche angestellt.[1])

Auf Grund aller seiner Beobachtungen kam Pascal zu folgendem Ergebnis[2]): „Jedesmal, wenn in einer wässrigen Lösung das Metall-Jon eines Salzes mit seiner Valenz in ein komplexes Jon übergeht, beobachtet man eine Abnahme der den Diamagnetismus des Wassers übersteigenden para- bezw. diamagnetischen Eigenschaften des einfachen Metall-Jons.

In vielen Fällen sind die chemischen und magnetischen Eigenschaften so eng mit einander verknüpft, daß jede Veränderung der erstern eine Verschiebung der letztern in gleichem Sinne zur Folge hat".

Diese von Pascal aufgestellte Regel ist demnach ein bequemes Mittel, um zu entscheiden, ob Eisen, Kobalt oder Nickel der untersuchten Salze in ein komplexes Jon eingetreten ist oder mit seiner Valenz für sich allein steht.

1) Compt. rend. 147. 742. [1908].
2) Vergl. Wedekind: „Magnetochemie" S. 66.

Methode der Untersuchungen.

Mit dem zu den vorliegenden Untersuchungen verwandten Torsionsapparat hat Herr Dr. F. Behnsen[1]) die Suszeptibilität von Kupfer und Kupferverbindungen im absoluten Maße bestimmt. Dieselbe Methode ließe sich auch für Flüssigkeiten und für pulverisierte Salze anwenden, wenn dieselben in eine Glasröhre gleichen Querschnitts eingefüllt würden.

Es möge deshalb einiges über die Absolutbestimmung von $\varkappa$ gesagt werden.

Die Suszeptibilität $\varkappa = \frac{J}{\mathfrak{H}}$, gleich magnetisches Moment pro Volumeneinheit dividiert durch die herrschende Feldstärke steht mit dem Querschnitt Q der Füllung, dem magnetischen Druck P auf den Querschnitt der Füllung und der Feldstärke $\mathfrak{H}$ in der Beziehung: $P = \frac{\varkappa}{2} \cdot \mathfrak{H}^2 \cdot Q$. [2])

Der Druck auf den Querschnitt der Flüssigkeit bezw. der festen Substanz wird durch die Torsionskraft des Drahtes kompensiert; das wirksame Drehmoment ist zunächst $M = P \cdot h$ wenn h die Länge des Hebelarmes der Drehwage bezeichnet.

Anderseits ist $M = D \cdot \varphi$

worin D die Direktionskraft des Torsionsdrahtes und φ die Ablenkung aus der Gleichgewichtslage im absoluten Winkelmaß ist. — Somit ergibt sich für die Suszeptibilität

$$\varkappa = \frac{2\,D \cdot \varphi}{h \cdot \mathfrak{H}^2 \cdot Q}$$

Die Intensität des Feldes $\mathfrak{H}$ hat Herr Dr. F. Behnsen nach der Methode von „Verdet“[3]) bestimmt.

Die Direktionskraft D steht mit der Schwingungsdauer T und dem Trägheitsmoment K in der Beziehung

---

1) F. Behnsen: „Der Einfluß von Oxydbildung und thermischer Behandlung auf den Magnetismus des Kupfers“. Inaug.-Diss. Halle 1911.

2) Vergl. S. 10.

3) F. Kohlrausch, Lehrbuch der prakt. Physik, XI. Aufl. 1910. S. 518.

$$T = \pi \sqrt{\frac{K}{D}}$$

wo K nach einer der üblichen Methoden bestimmt werden kann.

Für eine Reihe von Flüssigkeiten, z. B. für Wasser, ist der absolute Wert der Suszeptibilität hinreichend genau bestimmt, so daß, ohne die Genauigkeit der Werte zu beeinträchtigen, die Bestimmung von $\varkappa$ im absoluten Maßsystem für die verschiedenen Salze entbehrlich wird.

Nach der Gleichung:

$$\varkappa = \frac{2\,D \cdot \varphi}{h \cdot \mathfrak{H}^2 \cdot Q}$$

ist der Ablenkungswinkel φ ein Maß für $\varkappa$, sofern D, h, $\mathfrak{H}$ und Q während der Beobachtungen konstant bleiben.

Wird also die Ablenkung, die der luftleere Glasballon nach Aufhebung des Feldes erfährt, mit a, der Ausschlag des mit irgend einer Flüssigkeit oder festen pulverisierten Substanz gefüllten Glasballons mit b bezeichnet, so würde die Flüssigkeit bezw. das feste Salz allein, genau gleiches Volumen, gleiche Ruhelage und gleiche Feldstärke vorausgesetzt, die Ablenkung b—a ergeben. Ist für eine andere Flüssigkeit, bezw. feste Substanz die Differenz unter denselben Bedingungen c—a, so zeigt der Quotient $\frac{b-a}{c-a}$ das Verhältnis zweier, allein von den magnetischen Eigenschaften der beiden Flüssigkeiten bezw. festen Stoffe abhängigen Konstanten an.[2])

Nachstehende Tabelle gibt die von verschiedenen Autoren angegebenen Werte für die Suszeptibilität des Wassers im absoluten Maße wieder, deren arithmetisches Mittel zur Berechnung der Suszeptibilität der Salze und deren Lösungen dienen soll.

---

1) F. Kohlrausch, S. 114.

2) Vergl. H. Moehle; Untersuchungen über den Magnetismus einiger Kobalt- und Nickelsalze, S. 13.

Tabelle I.[1])

Autor	$\varkappa \cdot 10^6$
Quincke	— 0.84
Henrichsen	— 0.75
Townsend	— 0.77
du Bois	— 0.837
Curie	— 0.79
Königsberger	— 0.781
Jäger und Meyer . . .	— 0.689
Stearns	— 0.732
Piaggesi	— 0.77

Mittelwert: $\varkappa = -0.78 \cdot 10^{-6}$

Bezeichnet also $\varkappa$ den Absolutwert der Suszeptibilität des Wassers, b—a die vom Wasser verursachte Ablenkung, welche in Zukunft mit „Empfindlichkeit“ bezeichnet werden soll,

$\varkappa_1$ der zu berechnende Absolutwert der Suszeptibilität für irgend eine andere Substanz,

c—a die durch diese hervorgerufene Ablenkung, so besteht unter Voraussetzung gleichen Volumens, die Relation:

$$\varkappa : \varkappa_1 = (b-a) : (c-a)$$

demnach

$$\varkappa_1 = \frac{c-a}{b-a} \cdot \varkappa.$$

Bei der Berechnung der Suszeptibilität der Lösungen mußte noch berücksichtigt werden, daß die Ablenkung aus der Ruhelage von einem binären System, nämlich von dem dem Salze zur Lösung dienenden Wasser und dem gelösten Salz gemeinschaftlich hervorgerufen wird. Dieses im Glasballon befindliche Lösungswasser und demnach auch die dadurch hervorgerufene Ablenkung ist je nach

1) Nach Winkelmann, Handbuch der Physik, Elektrizität und Magnetismus II, 2. Aufl., Bd. V, S. 271.

Salzgehalt und Dichte der Lösungen veränderlich. Aus der Dichte, dem Salzgehalt der Lösungen und der „Empfindlichkeit“ wurde diese Ablenkung jedesmal berechnet[1]) und dann von der Gesamtablenkung der Lösung in Abzug gebracht.

In Betracht zu ziehen ist ferner noch der durch die Temperatur hervorgerufene Einfluß auf die Suszeptibilität.

Nach G. Wiedemann[2]) nimmt das temporäre magnetische Moment der Salzlösungen mit steigender Temperatur ab und zwar bei allen bisher untersuchten Salzen in gleichem Verhältnis.

Es besteht die Beziehung:

$$m_t = m_o (1 - 0{,}00325\, t)$$

wenn t die Temperatur,

m_o das temporäre Moment bei 0^0

m_t das temporäre Moment bei t^0

bedeutet.

Im allgemeinen war wegen der geringen Ablenkungen diese Korrektur nicht nötig. War jedoch die Ablenkung groß und die Differenz zwischen den Temperaturen, welche bei der Bestimmung der Dichte und der Bestimmung der Ablenkung herrschte, erheblich, so wurde die Ablenkung nach obiger Formel auf die Temperatur, welche bei der Feststellung der Dichte herrschte, umgerechnet.

An dieser Stelle mag auch auf die Bestimmung der Dichte eingegangen werden.

Es wurde hierzu das Pyknometerverfahren angewandt und die Dichte auf Wasser von 4^0 bezogen, nach der Formel:

$$s = \frac{m}{w} Q + \left(1 - \frac{m}{w}\right) \lambda^{3})$$

---

1) Vergl. S. 26.

2) Pogg. Ann. Bd. 126, S. 17.

3) Vergl. F. Kohlrausch, Lehrbuch der prakt. Physik, XI. Aufl. 1910. S. 75.

Hierin bedeutet:

Q die Dichtigkeit des Wassers, welches zur Beobachtung gedient hat;

λ die Dichtigkeit der Luft bezogen auf Wasser (Mittelwert $\lambda = 0{,}00120$);

m das scheinbare, d. h. von der Wage angegebene Gewicht des in der Luft gewogenen flüssigen Körpers;

w das scheinbare Gewicht des dem Volumen des Körpers gleichen Volumens Wasser von der Dichtigkeit Q.

Beschreibung des Torsionsapparates.

Die in Anlehnung an das Prinzip des Wiedemannschen Torsionsapparates von Herrn Dr. P. Tänzler[1]) zusammengestellte Einrichtung sei hier wiedergegeben.[2])

Zwei Holzkonsole sind etwa 1,20 m übereinander in die Fensterwand eines nach Norden liegenden Zimmers eingegipst. Auf der oberen Konsole liegt der Torsionskopf A, eine flache Trommel aus Messing, die horizontal drehbar auf einer Metallscheibe gelagert ist. An der Peripherie der Trommel sitzt, radial befestigt, der Arm D, der durch die Feder C gegen die Schraube B angedrückt wird. Diese kann in ihrer auf der Konsole befestigten Mutter durch Schnurzüge vom entfernt sitzenden Beobachter aus vor- und rückwärts bewegt werden, wobei die Trommel mitgenommen wird und sehr kleine Winkeldrehungen ausführt.

An der Trommel, unter der Mitte, ist der aus Platiniridium hartgezogene 0,81 m lange und 0,25 mm starke

---

1) P. Tänzler: Das magnetische Verhalten von Luft, Argon und Helium in Beziehung zu Sauerstoff. Separat-Abdruck aus den Annalen der Physik, IV. Folge, Bd. 24, 1907, S. 931.

2) Vergl. H. Moehle: Untersuchungen über den Magnetismus einiger Kobalt- und Nickelsalze. Inaug.-Dissertation Hatle 1910, S. 14 ff.

Torsionsdraht befestigt, dessen unteres Ende in einem y-Haken das aus Elektrolytkupfer hergestellte Kreuz E trägt. An dem nach vorne gewandten Ende des einen 15 cm langen Armes J (siehe Fig. 2 am Schlusse der Arbeit) sitzt der mit Hahn versehene Glasballon K. Er ist kugelförmig mit einem Volumen von etwa 9,2 ccm. Auf dem hintern Arm des Kreuzes ist das Gegengewicht L aufgehoben. Der durch ein Loch im untern Tisch hindurchgehende Schaft trägt unten die Scheibengewichte F und die Dämpferflügel G, die in Paraffinum liquidum eintauchen. Nahe vor dem Ballon, auf dem untern Konsolbrett, liegt der Elektromagnet M mit seinen auf einem Holzklotz befestigten würfelförmigen Polschuhen und den in diesen verschiebbaren Bolzen p, deren Spitzen symmetrisch zur Mitte festgestellt sind. Dem ganzen Magnet ist eine solche Lage gegeben, daß seine Symmetriaxe, horizontal verlaufend, ungefähr durch den Mittelpunkt der Ballonkugel hindurchgeht und dabei den Kreis, den diese bei einer Drehung des Kreuzes beschreiben muß, tangiert. Die Größe solcher Drehung kann mit dem am Schaft des Kreuzes befestigten Spiegel H und mit einem in 3 m Entfernung aufgestellten Fernrohr mit Skala abgelesen werden.

Um die beweglichen Teile des Apparates gegen Luftströmungen und elektrische Störungen zu schützen, sind dieselben in einem außen mit Goldpapier beklebten Pappkasten eingeschlossen, dessen eine Wand an den Polschuhen abschließt, während die gegenüberliegende eine Tür bildet, durch die hindurch das Herausnehmen und Einsetzen des Ballons leicht und sicher vorgenommen werden kann.

Die schmale Vorderwand ist mit einem horizontalen Schlitz zur Beobachtung des Spiegels versehen.

Die mit Goldpapier beklebte Außenseite des Pappkastens, wie auch der Magnetkern und bei offenem Stromkreis die Wicklung, sind zur Erde abgeleitet. In dem Stromkreis ist ein Regulierwiderstand und ein Amperemeter eingeschaltet.

Da alle im Verlauf der folgenden Beobachtungen gemachten Ablesungen auf die zunächst festgestellte durch das Wasser hervorgerufene Ablenkung bezogen werden sollen, so war es eine notwendige Bedingung, daß stets dieselbe Feldstärke herrschte. Die genaue Einstellung des Präzisions-Amperemeter auf eine bestimmte Stromstärke bot freilich an sich schon dafür einige Sicherheit, wie es sich bei früheren Untersuchungen von Tänzler, Bernstein und Moehle herausgestellt hat, doch war es immerhin möglich, daß die Feldstärke durch äußere Einflüsse gelegentlichen Schwankungen unterworfen sein konnte. Um deshalb die Konstanz der Intensität des magnetischen Feldes kontrollieren zu können, war in der Entfernung von etwa $1^1/_2$ m vom Torsionsapparat ein als Magnetometer dienendes empfindliches Wiedemannsches Spiegelgalvanometer aufgestellt, dessen Stand mit Spiegel und Fernrohr abgelesen werden konnte.

Galvanometer, Skala und Fernrohr befanden sich in in ihrer Lage zueinander und zu den Magnetpolen während des ganzen Verlaufes der Beobachtungen immer genau an derselben Stelle, so daß unter Voraussetzung gleicher Feldstärke stets dieselbe Ablenkung eintreten mußte.

Tatsächlich wurde das als Magnetometer dienende Galvanometer bei 2 Ampere Stromstärke stets um denselben Betrag und bei 1 Ampere stets um die Hälfte dieses Betrages abgelenkt, so daß damit der notwendigen Bedingung gleicher Feldstärke während des ganzen Verlaufs der Beobachtungen genügt war.

Verlauf der Beobachtungen.

Der etwa 9,2 ccm fassende schwach paramagnetische Glasballon wurde mit der großen Töplerschen Quecksilberluftpumpe des physikalischen Institutes bis auf einen geringen

Bruchteil eines Millimeters evakuiert und sodann in die Fassung des Kreuzes E eingeschraubt.

Oberhalb des Abschlußhahnes waren am Glasballon eine feine vertikale und horizontale Marke eingeritzt. Der Ballon wurde nun stets so eingesetzt, daß die horizontale Marke sich genau mit dem oberen Rande der Fassung deckte, und die vertikale Marke die Verlängerung einer an der Fassung angebrachten Marke bildete.

Die horizontale Marke war so gewählt, daß der Mittelpunkt der Ballonkugel mit den Spitzen der Polnasen in einer horizontalen Ebene lag.

Nachdem der Ballon auf diese Weise in die Fassung eingeschraubt war, wurde das Laufgewicht, welches dem leeren bezw. gefüllten Glasballon das Gleichgewicht hielt, so lange verschoben, bis im Fernrohr der horizontale Faden des Fadenkreuzes das obere Ende des Skalenteiles 500 (Ruhelage) tangierte. Somit war die Lage des Ballons im Raume genau fixiert.

Vor der Erregung des Magnetfeldes wurde durch Ziehen an der Schnur des Torsionskopfes das Bild des Skalenteiles 500 mit dem vertikalen Faden des Fadenkreuzes im Fernrohr zur Deckung gebracht, und dann der Stromkreis geschlossen.

Nach Erregung des Magnetfeldes wurde der Glasballon nach der einen oder andern Seite abgelenkt; es wurde nun so lange an der Schnur gezogen, bis die alte Ruhelage 500 wieder erreicht war.

Sodann wurde durch Ausschalten des Stromes das Magnetfeld aufgehoben und der jetzige Stand der Skala abgelesen.

Kurz vor dem Einschalten des Stromes und nach Erregung des Feldes wurde jedesmal der Stand der Skala am Magnetometer abgelesen; es ergab sich, daß die aus den beiden Ablesungen sich ergebende Ablenkung am Magnetometer bei gleicher Stromstärke stets dieselbe war. Da das Magnetometer und das zugehörige Fernrohr zum Torisons-

apparat immer in gleicher Stellung blieb, so war also, wie schon erwähnt, gleiche Stärke des erregten Magnetfeldes gewährleistet. — Vor und nach der Beobachtung der Lösungen wurde deren Temperatur gemessen, und aus beiden Ablesungen das arithmetische Mittel genommen.

Eine direkte Messung der Temperatur der im Glasballon befindlichen Flüssigkeit war wegen der engen Einfüllöffnung des Ballons nicht möglich. Es wurde daher die Temperatur der Lösung bestimmt, welche nach Füllung des Glasballons übrig blieb. Diese Flüssigkeit befand sich in einer Glasflasche, welche mit einem Kork geschlossen und in der Nähe des Torsionsapparates aufgestellt war. Zur Aufnahme des Thermometers war der Kork durchbohrt. Sofort vor und nach jeder Beobachtung am Torsionsapparat wurde die Temperatur der Flüssigkeit gemessen; es war daher anzunehmen, daß die Temperatur der im Ballon und in der Glasflasche befindlichen Flüssigkeiten dieselbe war.

Die Lösungen wurden bereitet, indem eine abgewogene Menge Salz in einem $^1/_{10}$ ccm kalibrierten Glaszylinder gelöst wurde, und das Volumen der Lösung bei der herrschenden Temperatur auf $^1/_{100}$ ccm genau abgelesen wurde.

Fast durchweg wurde das Feld durch eine Stromstärke von 2,00 Ampere erregt, bei stark paramagnetischen Salzen war jedoch die Ablenkung so groß, daß die Skala nicht ausreichte. In diesen Fällen wurde nur 1,00 Ampere angewandt. Die Empfindlichkeit und die durch die Salze hervorgerufenen Ablenkungen verringerten sich dann nach einem konstanten Verhältnis.

Betrug die Ablenkung mehr als etwa 350 Skalenteile, so arbeitete der Torsionsapparat sehr unruhig und ungenau, so daß eine genaue Einstellung nicht möglich war. In diesen Fällen war es vorzuziehen, gleichfalls nur 1,00 Ampere Stromstärke anzuwenden.

Zuweilen kam es vor, namentlich während des Sommers, daß höchstwahrscheinlich infolge größerer Temperaturschwankungen keine genaue Einstellung der Skala möglich war.

Die Beobachtungen wurden dann für einige Stunden unterbrochen. Im Allgemeinen war es jedoch möglich, den Stand der Skala genau festzustellen.

Die Konstanz der durch den evakuierten Glasballon hervorgerufenen und immer wieder beobachteten Ablenkung für eine bestimmte Stärke des Feldes ließ auf gleichbleibende Empfindlichkeit des Torsionsapparates während des ganzen Verlaufs der Beobachtungszeit schließen.

Prüfung der untersuchten Salze.

Die der Beobachtung unterzogenen Salze wurden von der chemischen Fabrik Kahlbaum hergestellt und unter Garantie der Reinheit geliefert.

Sie wurden von mir nochmals einer Analyse unterzogen.

Da die Suszeptibilität der Salze in ganz geringem Maße von den Anionen abhängt, sondern fast nur von den Metallen Eisen, Kobalt und Nickel, so wurden die Kobaltsalze nur einer quantitativen Analyse des Kobalts,[1]) einer qualitativen Nachprüfung auf Abwesenheit von Nickel und Eisen unterzogen.

Analog wurden die Nickelsalze und das Kaliumferrioxalat quantitativ auf Nickel[2]) bezw. Eisen,[3]) qualitativ auf Abwesenheit von Kobalt und Eisen, bezw. Abwesenheit von Kobalt und Nickel geprüft.

Es ergab sich, daß die Kobaltsalze eisen- und nickelfrei, die Nickelsalze eisen- und kobaltfrei, und das Eisensalz kobalt- und nickelfrei waren.

Ferner war bei keinem Kobaltsalz die Differenz zwischen dem aus der chemischen Formel berechneten und dem aus

1) Vergl. Treadwell, Lehrbuch d. analyt. Chemie II. Bd., III. Aufl. 1905 S. 101.

2) Vergl. Treadwell S. 97.

3) Vergl. Treadwell S. 68.

der Analyse sich ergebenden Prozentgehalt an Kobalt größer als 0,5%,

Analog war das Ergebnis bei dem Kaliumferrioxalat und bei den Nickelsalzen.

Eichung des Torsionsapparates.

Die Differenz zwischen den Skalenstellungen, welche vom luftleeren Glasballon einerseits, vom mit Wasser gefüllten Glasballon anderseits nach dem Tordieren und Aufheben des Feldes eingenommen werden, soll, wie schon erwähnt[1]) mit „Empfindlichkeit" bezeichnet werden. Diese Differenz entspricht für den Torsionsapparat bei einer bestimmten Stromstärke der Suszeptibilität des Wassers im absoluten Maße und gibt daher für die nachfolgenden Beobachtungen an Salzen und deren Lösungen ein Maß für deren Suszeptibilität.[2])

Zur Bestimmung der Empfindlichkeit wurde der Glasballon mit destilliertem Wasser gefüllt.

In den Tabellen sind nun die unmittelbar abgelesenen Ziffern der Skala verzeichnet und für jede Reihe der Beobachtungen ist das algebraische Mittel ausgerechnet.

Die Beobachtungen sind der Genauigkeit wegen fast durchweg doppelt vorgenommen worden.

Aus schon erwähntem Grunde wurde die „Empfindlichkeit" bei den durch 2,00 und 1,00 Ampere hervorgerufenen Feldstärken beobachtet.

Die Beobachtung der Empfindlichkeit wurde im Laufe der Zeit öfter wiederholt, eine Veränderung derselben hat sich nicht herausgestellt.

---

1) Vergl. S. 14.
2) Vergl. S. 13 u. 14.

Bestimmung der Empfindlichkeit.

Tabelle 2. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Wasser	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		18,3°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,7	486,2	516,3
	515,9	485,9	516,1
	516,0	486,0	515,8
	516,1	486,1	516,0
	515,8	485,8	516,2
algebr. Mittel	515,9	486,0	516,1

Empfindlichkeit: 516,0 — 486,0 = 30,0.
(2,00 Ampere).

Tabelle 3. Versuch II. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Wasser	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		17,1°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,5
Ablesung an der Skala . . .	516,1	486,0	516,4
	516,0	486,3	516,4
	515,9	486,4	516,2
	516,1	486,0	516,4
	516,3	486,3	516,2
algebr. Mittel	516,1	486,2	516,3

Empfindlichkeit: 516,2 — 486,2 = 30,0.
(2,00 Ampere).

Bei Versuch I und II herrscht ein Temperaturunterschied von 1,2°. Wie aus den Tabellen ersichtlich, übt diese Differenz auf die Empfindlichkeit keinen Einfluß aus. Es findet sich also die Tatsache, daß bei steigender Tempe-

ratur der Diamagnetismus des Wassers sich fast gar nicht ändert, bestätigt.[1])

Tabelle 4. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Wasser	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		18,4°	
Stromstärke Ampere	1,00	1,00	1,00
Ablenkung am Magnetometer .	327,7	327,7	327,7
Ablesung an der Skala . . .	504,2	496,5	504,4
	504,3	496,6	504,6
	504,2	496,6	504,6
	504,5	496,2	504,4
	504,4	496,6	504,5
algebr. Mittel	504,3	496,6	504,5

Empfindlichkeit: 504,4 — 496,5 = 7,9.
(1,00 Ampere).

Tabelle 5. Versuch II. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Wasser	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		18,0°	
Stromstärke Ampere	1,00	1,00	1,00
Ablenkung am Magnetometer .	327,6	327,6	327,8
Ablesung an der Skala . . .	504,0	496,9	505,2
	504,4	496,7	504,9
	504,5	496,7	505,3
	504,6	496,9	505,1
	504,5	496,8	504,6
algebr. Mittel	504,4	496,8	505,0

Empfindlichkeit: 504,7 — 496,8 = 7,9.
(1,00 Ampere).

1) P. Curie, Comptes Rend. 116. 136. 1892; vergl. auch Winkelmann, Handbuch der Physik Bd. V, S. 361.

Suszeptibilität, spezifischer Magnetismus und Molekularmagnetismus beständiger Komplexsalze in wässriger Lösung und in festem Zustande.

a) Cyansalze.

Nickelnatriumcyanür.

$Na_2 [Ni (CN)_4] + 3H_2O$

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm 150,244 g.

Dichte: 1,0640.

Tabelle 6. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Nickelnatriumcyanür	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		21,2°	
Stromstärke Ampere . . : .	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,8	486,5	516,1
	515,9	486,5	
	515,8	486,3	
	516,0	486,4	
	516,0	486,3	
algebr. Mittel	515,9	486,4	516,1

Differenz der Ablesungen an der Skala:

486,4 — 516,0 = — 29,6.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		21,0°	
Ablesung an der Skala . . .	515,7	486,5	516,0
	515,8	486,8	
	515,9	486,3	
		486,4	
		486,4	
algebr. Mittel	518,8	486,5	516,0

Differenz der Ablesungen an der Skala:

486,5 — 515,9 = — 29,4.

Bei der wässrigen Lösung der Salze muß, um die Suszeptibilität der gelösten Salze allein zu erhalten, zunächst die Ablenkung, welche das zur Lösung dienende Wasser verursacht hat, in Abzug gebracht werden.[1])

Diese Ablenkung läßt sich nun in einfacher Weise aus Dichte und Salzgehalt der Lösungen berechnen.

Es möge an dieser Stelle ausführlich darauf eingegangen werden:

1000 ccm Lösung von der Dichte 1,0640 wiegen 1064,0 g, das in 1000 ccm Lösung enthaltene Salz wog 150,244 g, folglich wiegt das in 1000 ccm Lösung enthaltene Wasser

$$1064{,}0 - 150{,}244 = 913{,}756 \text{ g}.$$

Das im Glasballon befindliche Wasser wiegt aber, da der Glasballon 9,1981 ccm Wasser faßt:

$$\frac{913{,}756 \cdot 9{,}1981}{1000} = 8{,}4048 \text{ ccm } H_2O$$

9,1981 ccm Wasser, die vollständige Füllung des Glasballons, verursachen bei 2,00 Amp. Stromstärke 30,0 Sktl. Ausschlag, mithin 8,4048 ccm

$$\frac{8{,}4048 \cdot 30{,}0}{9{,}1981} = 27{,}4 \text{ Sktl.}$$

Hierbei ist der Einfachheit wegen keine Rücksicht darauf genommen, daß bei Zimmertemperatur 1 ccm H_2O nicht genau 1 g wiegt; dieser kleine Unterschied kommt bei Angabe der Skalenteile jedoch erst in der dritten Dezimale in Betracht.

Das gelöste Nickelnatriumcyanür hat also in vorliegender Konzentration eine Ablenkung von

$$-29{,}5 - (-27{,}4) = -2{,}1 \text{ Sktl.}$$

erfahren.

---

[1]) Vergl. Seite 15.

Demnach beträgt die Suszeptibilität des Nickelnatriumcyanür bei vorliegender Konzentration:

$$x = \frac{-2{,}1 \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{30{,}0} = -0{,}055 \cdot 10^{-6}$$

2. In festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 7. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Nickelnatriumcyanür	Vakuum
Grammgehalt pro ccm . . .		0,8565	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,9	504,0	515,9
	516,2	504,2	
	516,2	504,2	
		504,0	
		504,0	
algebr. Mittel	516,1	504,1	515,9

Differenz: 504,1 — 516,0 = — 11,9 Sktl.

Versuch II.

Grammgehalt pro ccm . . .		0,8565	
Ablesung an der Skala . . .	516,1	503,9	515,8
	515,9	503,8	
	516,0	504,0	
		504,3	
		504,1	
algebr. Mittel	516,0	504,0	515,8

Differenz: 504,0 — 515,9 = — 11,9 Sktl.

Die Suszeptibilität des festen Nickelnatriumcyanür bei vorliegendem Salzgehalt pro Raumeinheit beträgt demnach:

$$\frac{-11{,}9 \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{30{,}0} = -0{,}309 \cdot 10^{-6}$$

Um nun die magnetischen Eigenschaften des festen und gelösten Salzes miteinander vergleichen zu können, soll

die Suszeptibilität durch die Salzmenge pro Volumeneinheit dividiert werden. Man erhält so den spezifischen Magnetismus des betreffenden Salzes.

Um schließlich noch den Molekularmagnetismus zu erhalten, ist der spezifische Magnetismus mit dem Molekulargewicht zu multiplizieren.

Im Folgenden sollen nun folgende Bezeichnungen für die magnetischen Konstanten der Salze eingeführt werden:

a) in gelöstem Zustande:

$\varkappa$ Suszeptibilität,
m spezifischer Magnetismus,
μ Molekularmagnetismus;

b) in festem Zustande.

$\varkappa'$ Suszeptibilität,
m′ spezifischer Magnetismus,
μ' Molekularmagnetismus.

Für Nickelnatriumcyanür ist demnach:

$$m = \frac{-0{,}055 \cdot 10^{-6}}{0{,}150244} = -0{,}00366 \cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{-0{,}309 \cdot 10^{-6}}{0{,}8565} = -0{,}00361 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = -0{,}00366 \cdot 10^{-4} \cdot 262{,}89 = -0{,}00962 \cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = -0{,}00361 \cdot 10^{-4} \cdot 262{,}89 = -0{,}00949 \cdot 10^{-2}$$

Nickelkaliumcyanür

$K_2 [Ni (CN)_4] + H_2O$

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm: 417,93 g.

Dichte: 1,1880.

Tabelle 8. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Nickelkalium-cyanür	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		22,3°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,9	487,0	516,1
	515,7	487,3	515,8
	516,1	487,2	515,7
	516,0	487,3	
	515,8	487,3	
algebr. Mittel	515,9	487,2	515,9

Differenz: — 28,7.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		22,1°	
Ablesung an der Skale . . .	516,0	487,0	515,9
	516,0	486,9	
	515,8	486,9	
	516,1	487,1	
		486,8	
algebr. Mittel	516,0	486,9	515,9

Differenz: — 29,1.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 9. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Nickelkalium-cyanür	Vakuum
Grammgehalt pro ccm . . .		0,9475	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer	655,3	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	516,0	503,2	516,2
	515,7	503,0	
	515,7	502,8	
		503,0	
		503,1	
algebr. Mittel	515,8	503,0	516,2

Differenz: — 13,0.

Versuch II.

Grammgehalt pro ccm . . .		0,9475	
Ablesung an der Skala . . .	516,1	503,0	516,0
	516,0	502,8	
	516,0	502,8	
	516,0	503,0	
		503,0	
algebr. Mittel	516,0	502,9	516,0

Differenz: — 13,1.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,1880 und dem Salzgehalt 417,93 g pro 1000 ccm $= \frac{[-28{,}9-(-23{,}2)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = -0{,}15\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehalt 0,9475 g pro ccm

$$= \frac{-13{,}1\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = -0{,}341\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{-0{,}15\cdot 10^{-6}}{0{,}41793} = -0{,}0036\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{-0{,}341\cdot 10^{-6}}{0{,}9475} = -0{,}0036\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = -0{,}0036\cdot 10^{-4}\cdot 259{,}056 = -0{,}0093\cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = -0{,}0036\cdot 10^{-4}\cdot 259{,}056 = -0{,}0093\cdot 10^{-2}$$

Kobalticyannatrium

$Na_3 [Co (CN)_6] 2H_2O$

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm: 640,93 g.

Dichte: 1,2935.

Tabelle 10. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobalticyan-natrium	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		24,2°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,8	487,7	516,0
	516,0	487,9	
	515,9	487,7	
		488,0	
		487,6	
algebr. Mittel	515,9	487,8	516,0

Differenz: — 28,15.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		24,3°	
Ablesung an der Skala . . .	516,2	487,5	516,2
	515,8	487,8	
		487,5	
		487,6	
		487,5	
algebr. Mittel	516,0	487,6	516,2

Differenz: — 28,5.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 11. Versuch I. Ruhelage 500.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobalticyan-natrium	Vakuum
Grammgehalt pro ccm . . .		0,9892	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,3	655,3
Ablesung an der Skala . . .	516,2	503,0	515,9
	516,0	503,3	
	515,7	503,3	
	516,0	503,1	
		503,4	
algebr. Mittel	516,0	503,2	515,9

Differenz: — 12,75.

Versuch II.

Grammgehalt pro ccm . . .		0,9892	
Ablesung an der Skala . . .	515,9	503,0	515,7
	515,9	503,0	516,0
	515,9	502,9	515,6
		503,3	515,5
		503,0	
algebr. Mittel	515,9	503,0	515,7

Differenz: — 12,8.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,2935 und dem Salzgehalt 640,93 g pro 1000 ccm $= \frac{[-28{,}325-(-20{,}125)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = -0{,}21\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehalt 0,9892 g pro ccm

$$= \frac{-12{,}775\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = -0{,}332\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{-0{,}21\cdot 10^{-6}}{0{,}6409} = -0{,}00328\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{-0{,}332\cdot 10^{-6}}{0{,}9892} = -0{,}00336\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = -0{,}00328\cdot 10^{-4}\cdot 320{,}242 = -0{,}0105\cdot 10^{2}$$

$$\mu' = -0{,}00336\cdot 10^{-4}\cdot 320{,}242 = -0{,}0108\cdot 10^{-2}$$

Kobalticyankalium

$K_3 [Co (CN)_6]$

1. in gelöstem Zustande.
Salzgehalt pro 1000 ccm: 334,31 g.
Dichte: 1,1742.

Tabelle 12. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobalticyan-kalium	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		20,4°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,3	655,4	655,5
Ablesung an der Skala . . .	516,1	485,7	516,3
	515,8	485,4	516,0
	515,8	485,4	516,3
		485,3	
		485,6	
algebr. Mittel	515,9	485,5	516,2

Differenz: — 30,55.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		21,3°	
Ablesung an der Skala . . .	515,8	485,8	516,2
	516,0	485,6	515,8
	516,3	485,5	515,8
	515,8	485,9	515,5
		485,6	
algebr. Mittel	516,0	485,7	515,8

Differenz: — 30,2.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 13. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobalticyan-kalium	Vakuum
Grammgehalt pro ccm . . .		1,1351	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	516,3	499,1	515,9
	516,0	499,0	
	516,0	499,0	
		499,0	
		498,8	
algebr. Mittel	516,1	499,0	515,9

Differenz: — 17,0.

Versuch II.

Grammgehalt pro ccm . . .		1,1351	
Ablesung an der Skala . . .	515,8	498,6	516,0
	516,0	498,4	
	515,9	498,3	
		498,5	
		498,3	
algebr. Mittel	515,9	498,4	516,0

Differenz: — 17,55.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,1742 und dem Salzgehalt 334,31 g pro 1000 ccm $= \frac{[-30{,}37-(-25{,}2)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = -0{,}134\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehalt 1,1351 g pro ccm

$$= \frac{-17{,}275\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = -0{,}449\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{-0{,}134\cdot 10^{-6}}{0{,}3343} = -0{,}00402\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{-0{,}449\cdot 10^{-6}}{1{,}1351} = -0{,}00396\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = -0{,}00402\cdot 10^{-4}\cdot 332{,}51 = -0{,}0134\cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = -0{,}00396\cdot 10^{-4}\cdot 332{,}51 = -0{,}0131\cdot 10^{-2}$$

b) Kobaltiaksalze.

Kaliumtetranitrodiaminkobaltiak

$[Co(NH_3)_2(NO_2)_4]K$.

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm 18,3928 g.

Dichte der wässrigen Lösung: 1,0090.

Tabelle 14. Versuch I. Ruhelage 500,0

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kaliumtetranitrodiaminkobaltiak	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		19,0°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,9	486,4	516,1
	516,0	486,4	
	515,9	486,2	
	515,9	487,0	
		486,1	
algebr. Mittel	515,9	486,4	516,1

Differenz: — 29,6.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		19,2°	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	486,0	516,1
	516,2	486,3	
	516,1	486,2	
		486,4	
		486,0	
algebr. Mittel	516,1	486,2	516,1

Differenz: — 29,9.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 15. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kaliumtetranitrodiaminkobaltiak	Vakuum
Salzgehalt pro ccm		1,2140	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,3	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	516,0	518,1	516,0
	516,1	517,8	
	516,0	517,8	
	516,0	518,0	
		517,7	
algebr. Mittel	516,0	517,9	516,0

Differenz: + 1,9.

Versuch II.

Salzgehalt pro ccm		1,2140	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	517,8	515,8
	515,9	518,3	
	516,1	518,0	
	516,0	518,0	
		517,8	
algebr. Mittel	516,0	518,0	515,8

Differenz: + 2,1.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte, 1,0090 und dem Salzgehalt 18,3928 g pro 1000 ccm Lösung $= \frac{[-29{,}75 - (-29{,}72)] \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{30{,}0}$

$= -0{,}00078 \cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehalt 1,2140 g pro ccm

$= \frac{+2{,}0 \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}052 \cdot 10^{-6}$

$m = \frac{-0{,}00078 \cdot 10^{-6}}{0{,}018393} = -0{,}000424 \cdot 10^{-4}$

$m' = \frac{+0{,}052 \cdot 10^{-6}}{1{,}2140} = +0{,}00043 \cdot 10^{-4}$

$\mu = -0{,}000424 \cdot 10^{-4} \cdot 316{,}258 = -0{,}00134 \cdot 10^{-2}$

$\mu' = +0{,}00043 \cdot 10^{-4} \cdot 316{,}258 = +0{,}00136 \cdot 10^{-2}$

Carbonatotetraminkobaltinitrat

$[Co(NH_3)_4(CO_3)]NO_3 + {}^1/_2 H_2O$

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm 24,7547 g.

Dichte der wässrigen Lösung: 1,0120.

Tabelle 16. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Carbonatotetraminkobaltinitrat	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		16,2°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	516,0	486,0	515,8
	515,9	486,0	515,7
	516,0	485,9	515,9
	516,0	486,0	
		485,9	
algebr. Mittel	516,0	486,0	515,8

Differenz: — 29,9.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		17,0°	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	486,4	516,1
	515,8	486,6	
	515,9	487,1	
		486,7	
		486,7	
algebr. Mittel	515,9	486,7	516,1

Differenz: — 29,3.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 17. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Carbonatotetraminkobaltinitrat	Vakuum
Grammgehalt pro ccm . . .		0,84014	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,5	655,4	655,3
Ablesung an der Skala . . .	515,9	522,0	515,6
	516,1	521,7	515,7
	515,8	521,7	515,8
		522,1	
		521,9	
algebr. Mittel	515,9	521,9	515,7

Differenz: + 6,1.

Versuch II.

Grammgehalt pro ccm . . .		0,84014	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	522,2	516,1
	516,0	522,0	
		521,9	
		521,9	
		522,1	
algebr. Mittel	516,0	522,0	516,1

Differenz: + 5,95.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0120 und dem Salzgehalt 24,7547 g pro 1000 ccm $= \frac{[-29{,}6-(-29{,}62)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +\,0{,}00052\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehalt 0,84014 g pro ccm

$$= \frac{+\,6{,}025\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +\,0{,}157\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+\,0{,}00052\cdot 10^{-6}}{0{,}0247547} = +\,0{,}00021\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{+\,0{,}157\cdot 10^{-6}}{0{,}84014} = +\,0{,}00186\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +\,0{,}00021\cdot 10^{-4}\cdot 258{,}154 = +\,0{,}00054\cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = +\,0{,}00186\cdot 258{,}154 = +\,0{,}00480\cdot 10^{-2}$$

II. Unbeständige Komplexsalze.

a) Oxalsaure Salze.

Kobaltinatriumoxalat

$Na_3 [Co (C_2O_4)_3] + 3H_2O$

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm: 291,01 g.

Dichte der wässrigen Lösung: 1,1567.

Tabelle 18. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobalti-natriumoxalat	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		22,0°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,7	490,0	516,1
	516,0	490,4	
	516,0	490,5	
		490,3	
		490,3	
algebr. Mittel	515,9	490,3	516,1

Differenz: — 25,7.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		21,8°	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	490,2	515,8
	516,0	490,5	
	516,0	490,6	
		490,1	
		490,5	
algebr. Mittel	516,0	490,4	515,8

Differenz: — 25,5.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 19. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobalti-natriumoxalat	Vakuum
Salzgehalt pro ccm		0,88414	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,8	525,2	516,1
	515,7	525,0	
	515,9	525,5	
		525,5	
		525,2	
arithmet. Mittel	515,8	525,3	516,1

Differenz: + 9,35.

Versuch II.

Salzgehalt pro ccm		0,88414	
Ablesung an der Skala . . .	515,9	525,4	515,9
	515,5	525,1	
	515,8	525,6	
		525,6	
		525,7	
arithmet. Mittel	515,7	525,5	515,9

Differenz: + 9,7.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,1567 und dem Salzgehalt 291,01 g pro 1000 ccm $= \frac{[-25{,}6-(-25{,}97)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}00962\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehalt von 0,88414 pro ccm

$$= \frac{+9{,}525\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}248\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+0{,}00962\cdot 10^{-6}}{0{,}29101} = +0{,}00033\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{+0{,}248\cdot 10^{-6}}{0{,}88414} = +0{,}0028\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +0{,}00033\cdot 10^{-4}\cdot 446{,}198 = +0{,}00147\cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = +0{,}0028\cdot 10^{-4}\cdot 446{,}198 = +0{,}0125\cdot 10^{-2}$$

Kobaltikaliumoxalat

$K_3[Co(C_2O_4)_3] + 3H_2O$

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm: 292,25 g.

Dichte der wässrigen Lösung: 1,1616.

Tabelle 20. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobalti-kaliumoxalat	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		20,3°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,5	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,9	491,0	515,9
	516,0	490,7	
	516,0	490,8	
	516,0	491,0	
		491,4	
algebr. Mittel	516,0	490,9	515,9

Differenz: — 25,05.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		20,0°	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	491,0	516,2
	516,0	491,3	
		491,4	
		489,9	
		491,3	
algebr. Mittel	516,0	491,2	516,2

Differenz: — 24,9.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 21. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobalti-kaliumoxalat	Vakuum
Salzgehalt pro ccm		1,0230	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,9	526,1	515,9
	515,6	526,5	
	515,9	526,4	
		526,5	
		526,6	
arithmet. Mittel	515,8	526,4	515,9

Differenz: + 10,55.

Versuch II.

Salzgehalt pro ccm		1,0231	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	526,7	516,0
	515,8	526,6	
	516,1	526,9	
	516,0	526,9	
		526,8	
arithmet. Mittel	516,0	526,8	516,0

Differenz: + 10,8.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,1567 und dem Salzgehalt 291,01 g pro 1000 ccm $= \frac{[-24{,}975-(-26{,}08)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}029\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehaft von 1,02305 g pro ccm

$$= \frac{+10{,}675\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}278\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+0{,}029\cdot 10^{-6}}{0{,}29225} = +0{,}000992\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{+0{,}278\cdot 10^{-6}}{1{,}02305} = +0{,}00272\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +0{,}000992\cdot 10^{-4}\cdot 494{,}498 = +0{,}00490\cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = +0{,}00272\cdot 10^{-4}\cdot 494{,}498 = +0{,}01345\cdot 10^{-2}$$

Kobaltiammoniumoxalat

$(NH_4)_3 [Co (C_2O_4)_3]$

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm Lösung: 284,59 g.

Dichte der wässrigen Lösung: 1,1312.

Tabelle 22. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobaltiammoniumoxalat	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		19,8°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,6	490,1	516,0
	516,0	490,5	
	515,6	490,3	
		490,5	
		490,5	
algebr. Mittel	515,7	490,4	516,0

Differenz: — 25,45.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		19,5°	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	490,7	515,8
	516,0	490,7	
	515,9	490,8	
	516,0	490,4	
		490,7	
arithmet. Mittel	516,0	490,7	515,8

Differenz: — 25,2.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 23. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobaltiammoniumoxalat	Vakuum
Grammgewicht pro ccm . .		0,83188	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	516,2	526,0	515,9
	515,9	525,8	
	515,9	526,0	
		526,0	
		526,1	
arithmet. Mittel	516,0	526,0	515,9

Differenz: + 10,05.

Versuch II.

Grammgewicht pro ccm . .		0,83188	
Ablesung an der Skala . . .	515,7	525,9	516,0
	516,0	526,2	
	516,2	525,7	
	516,0	525,6	
		525,7	
algebr. Mittel	516,0	525,8	516,0

Differenz: + 9,8

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,1312 und dem Salzgehalt 284,59 g pro 1000 ccm $= \frac{[-25{,}325-(-25{,}40)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}00195\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehalt von 0,83188 g pro ccm

$$= \frac{+\,9{,}925\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +\,0{,}258\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+\,0{,}00195\cdot 10^{-6}}{0{,}28459} = +\,0{,}000069\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{+\,0{,}258\cdot 10^{-6}}{0{,}83188} = +\,0{,}00310\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +\,0{,}000069\cdot 10^{-4}\cdot 377{,}126 = +\,0{,}00026\cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = +\,0{,}00310\cdot 10^{-4}\cdot 377{,}126 = +\,0{,}0117\cdot 10^{-2}$$

Kobaltikaliumnatriumoxalat

$K\,Na_2\,[Co\,(C_2O_4)_3] + 3\,H_2O$.

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm Lösung 291,42 g.

Dichte der wässrigen Lösung 1,1588.

Tabelle 24. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobaltikalium-natriumoxalat	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		19,5°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	516,0	490,2	515,8
	516,3	490,5	
	515,8	490,2	
	515,9	490,2	
		490,5	
algebr. Mittel	516,0	490,3	515,8

Differenz: — 25,6.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		19,7°	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	490,5	516,0
	515,7	490,7	
	515,9	490,7	
	516,0	490,8	
		490,4	
algebr. Mittel	515,9	490,6	516,0

Differenz: — 25,35.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 25. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobaltikalium-natriumoxalat	Vakuum
Salzgehalt pro ccm		0,99853	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,3	655,4	655,2
Ablesung an der Skala . . .	516,0	528,3	515,8
	515,8	528,0	
	515,9	528,4	
		528,2	
		527,7	
algebr. Mittel	515,9	528,1	515,8

Differenz: + 12,25.

Versuch II.

Salzgehalt pro ccm		0,99853	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	528,0	516,2
	516,1	528,3	
	515,9	528,0	
		527,8	
		528,0	
algebr. Mittel	516,0	528,0	516,2

Differenz: + 11,9.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,1588 und dem Salzgehalt 291,42 g pro 1000 ccm $= \frac{[-25{,}475-(-26{,}02)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}01417\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehalt von 0,99853 g pro ccm

$$= \frac{+\,12{,}075\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +\,0{,}314\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+\,0{,}01417\cdot 10^{-6}}{0{,}29142} = +\,0{,}000486\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{+\,0{,}314\cdot 10^{-6}}{0{,}99853} = +\,0{,}00314\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +\,0{,}000486\cdot 10^{-4}\cdot 462{,}298 = +\,0{,}002247\cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = +\,0{,}00314\cdot 10^{-4}\cdot 462{,}298 = +\,0{,}01454\cdot 10^{-2}$$

Kobaltikaliumnatriumoxalat

$K_3Na_3[Co_2(C_2O_4)_6] + 6H_2O$

1. in gelöstem Zustande.

Salzgehalt pro 1000 ccm Lösung: 291,22 g.

Dichte der wässrigen Lösung: 1,1580.

Tabelle 26. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobaltikalium-natriumoxalat	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		19,0°	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,3	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	516,0	491,0	516,0
	515,8	490,8	
	515,8	491,1	
	516,0	491,0	
		491,0	
arithmet. Mittel	515,9	491,0	516,0

Differenz: — 24,95.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		19,2°	
Ablesung an der Skala . . .	515,9	491,0	515,8
	515,9	490,7	
	515,7	490,7	
	515,8	490,9	
		490,8	
arithmet. Mittel	515,8	490,8	515,8

Differenz: — 25,0.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 27. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobaltikalium-natriumoxalat	Vakuum
Salzgehalt pro ccm		0,9766	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	516,0	526,0	516,0
	516,1	526,3	
	516,0	526,0	
	516,2	525,6	
		526,0	
algebr. Mittel	516,1	526,0	516,0

Differenz: + 9,95.

Versuch II.

Salzgehalt pro ccm		0,9766	
Ablesung an der Skala . . .	516,0	526,5	516,0
	515,7	526,2	
	516,0	526,6	
		526,4	
		526,3	
algebr. Mittel	515,9	526,4	516,0

Differenz: + 10,45.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,1580 und dem Salzgehalt 291,22 g pro 1000 ccm $= \frac{[-24{,}975-(-26{,}0)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}0266\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei der Salzmenge 0,9766 g pro ccm

$$= \frac{+\,10{,}2\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +\,0{,}265\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+\,0{,}0266\cdot 10^{-6}}{0{,}29122} = +\,0{,}00091\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{+\,0{,}265\cdot 10^{-6}}{0{,}9766} + 0{,}00271\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = 0{,}00091\cdot 940{,}696 = +\,0{,}00856\cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = +\,0{,}00271\cdot 10^{-4}\cdot 940{,}696 = +\,0{,}02549\cdot 10^{-2}$$

Die Lösungen der vorhergehenden Doppel- und Tripeloxalate zeigen diese geringe Suszeptibilität nur kurz nach Bereitung der Lösung.

Während nämlich die magnetischen Eigenschaften dieser Salze in fester Form sich mit der Zeit nur äußerst wenig ändern, tritt bei ihren wässrigen Lösungen ein allmählicher Zerfall des Komplexes ein, welcher ein Anwachsen des Paramagnetismus zur Folge hat.

Bei Zimmertemperatur geht dieser Zerfall nur sehr langsam vor sich.

Wird aber die Temperatur erhöht, so tritt eine Beschleunigung des Zerfalls ein.

Gleichzeitig mit dem Zerfall des Komplexes schlägt die grüne Farbe der komplexen Oxalate in die charakteristische rote Farbe der wässrigen Kobaltlösungen um.

Das sich bildende normale Kobaltooxalat: $\begin{matrix} COO \\ COO \end{matrix}\!\!>\!Co$, welches die Zunahme des Paramagnetismus veranlaßt, ist jedoch in Wasser nur sehr wenig löslich; es fällt deshalb beim Komplexzerfall zu einem beträchtlichen Teile aus, so daß die Füllung des Ballons nicht homogen bleibt.

Es war daher nicht möglich, genaue quantitative Beobachtungen des mit der Zeit fortschreitenden Komplexzerfalles zu machen; immerhin geben die in nachstehender Tabelle angeführten Zahlen ein ungefähres Bild von der Schnelligkeit, mit dem der Zerfall vor sich ging.

Die Lösungen wurden unter der dauernden Temperatur von ca. 30° gehalten, und die Beobachtungen bei 2,0 Ampere ausgeführt.

Salzgehalt und Dichte der Lösungen waren dieselben wie bei den vorhergehenden quantitativen Untersuchungen der fünf Oxalat-Lösungen.

Ablenkungen in Skalenteilen.

Tabelle 28. Ruhelage 500,0.

Zeit nach Bereitung der Lösung	Kobaltinatriumoxalat	Kobaltikaliumoxalat	Kobaltiammoniumoxalat	Kobaltikaliumnatriumoxalat	
				KNa_2	K_3Na_3
min. 5	0	0,1	1,0	0,6	0,5
Tage					
2	46,0				47,2
3		46,3	71,9	53,9	
8	100,3				107,3
9		102,9	168,6	125,6	
16	158,6				150,0
17		159,4	246,7	162,9	
23	168,0				159,3
24		169,1	247,2	176,1	
34	172,4	170,8	268,4	181,2	169,9

b) Ammoniumnatriumkobaltinitrit.

Kobaltiammoniumnatriumnitrit

$2\,[Co\,(NO_2)_3\,(NH_4\,NO)_2\,NaNO_2] + 3H_2O.$

1. in gelöstem Zustande.

In kaltem Wasser ist das Salz nur sehr wenig löslich; dabei schlägt die anfänglich rotgelbe Farbe in die charakteristische rosarote Farbe der Kobaltsalze um und zwar unter Entwicklung von Stickoxyd.

Diese beiden Erscheinungen lassen auf eine allmähliche Zersetzung des Komplexes schließen.

Die Lösung des Salzes wurde, wie aus Tabelle 28 ersichtlich, einmal sofort nach der Lösung und zweitens etwa $4^1/_2$ Stunde nach Bereitung der Lösung beobachtet. In dieser Zwischenzeit war der Farbenumschlag von rotgelb in rosarot eingetreten.

Die Ablesungen an der Skala differieren jedoch nur um 1,2 Skalenteile in Versuch I und um 0,94 Skalenteile in Versuch II.

Salzgehalt der Lösung pro 1000 ccm: 20,903 g.
Dichte: 1,0107.

Tabelle 29. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobaltiammonium-natriumnitrit		Vakuum
		gleich nach der Lösung	$4^1/_2$ Std. später	
Temperatur der Lösungen .		17,5°	17,7°	
Stromstärke Ampere . . .	2,00	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer	655,4	655,4	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . .	516,0	507,6	508,0	516,1
	515,8	507,0	508,5	
	515,8	507,2	507,9	
	516,0	506,8	508,6	
		507,0	508,4	
algebr. Mittel	515,9	507,1	508,3	516,1

Differenz: 507,1 — 516,0 = — 8,9.
508,3 — 516,0 = — 7,7.

Versuch II.

Temperatur der Flüssigkeit .		16,8°	17,1°	
Ablesung an der Skala . .	516,0	507,0	508,2	515,8
	515,8	507,5	508,0	
	516,1	507,1	508,5	
	515,7	507,0	508,0	
		507,4	508,0	
algebr. Mittel	515,9	507,2	508,14	515,8

Differenz: 507,2 — 515,85 = — 8,65.
508,14 — 515,85 = — 7,71.

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 30. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kobaltiammoniumnatriumnitrit	Vakuum
Grammgehalt pro ccm . . .		0,11897	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,3	655,4	655,5
Ablesung an der Skala . . .	515,7	606,0	516,0
	516,1	606,7	
	516,2	606,4	
		607,2	
		607,3	
algebr. Mittel	516,0	606,7	516,0

Differenz: + 90,7.

Versuch II.

Grammgehalt pro ccm . . .		0,11897	
Ablesung an der Skala . . .	515,9	605,7	515,8
	516,1	606,3	
	516,1	605,8	
	516,0	606,0	
		605,6	
algebr. Mittel	516,0	605,9	515,8

Differenz: + 90,0.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0107 und dem Salzgehalt 20,903 g pro 1000 ccm $= \frac{[-7{,}705-(-29{,}7)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}572\cdot 10^{-6}$

$\varkappa'$ bei dem Salzgehalt 0,11897 g pro ccm

$$= \frac{90{,}35\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +2{,}349\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+0{,}572\cdot 10^{-6}}{0{,}020903} = +0{,}2736\cdot 10^{-4}$$

$$m' = \frac{2{,}349\cdot 10^{-6}}{0{,}11897} = +0{,}1974\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +0{,}2736\cdot 10^{-4}\cdot 842{,}436 = +2{,}3049\cdot 10^{-2}$$

$$\mu' = +0{,}1974\cdot 10^{-4}\cdot 842{,}436 = +1{,}6630\cdot 10^{-2}$$

Beim Ammoniumnatriumkolbaltinitrit weicht also der spezifische- und Molekular-Magnetismus in festem und flüssigem Zustande erheblich von einander ab.

Im festen Zustande des Salzes steht also der Kobalt zum Teil noch im Komplex, während in der wässrigen Lösung nach einiger Zeit das komplexe Jon vollständig zerfallen ist, und der Paramagnetismus des Kobalts vollständig zur Geltung kommt.

Der starke Geruch nach Stickoxyden läßt darauf schließen, daß das Komplexsalz in festem Zustande einer allmählichen Zersetzung in die normalen Nitrite des Kobalts, Natriums und Ammoniums unterworfen ist.

Ammoniumkobaltorhodanit

$(NH_4)_2\,Co\,(CNS)_4 + 4H_2O.$

1. im Zustande der Lösung in 6 verschiedenen Konzentrationen.

Tabeile 31. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Ammoniumkobaltorhodanit							Vakuum
	Vakuum	Konzentration						
		I	II	III	IV	V	VI	
Temperatur der Flüssigkeit		17,0°	16,7°	16,9°	16,5°	17,0°	15,8°	
Salzgehalt pro 1000 ccm in g		343,27	217,44	162,91	100,17	44,797	9,3018	
Dichte der Lösung		1,1346	1,0809	1,0606	1,0373	1,0162	1,0024	
Stromstärke Ampere	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer	327,7	327,6	655,2	655,4	655,3	655,6	655,1	655,4
Ablesung an der Skala	504,0	592,6	735,7	664,3	594,0	535,8	496,5	516,1
	503,8	593,8	736,8	663,3	595,1	536,0	495,4	515,8
	504,2	593,0	737,0	663,7	594,7	535,4	496,5	516,0
	504,0	594,0	736,5	664,5	594,7	535,1	496,6	516,0
	504,5	593,6	737,1	664,1	594,4	535,8	497,4	516,0
arithmet. Mittel	504,1	593,4	736,6	664,0	594,6	535,6	496,48	516,0
Differenz der Einstellungen gegen das Vakuum		89,3	220,6	148,0	78,6	19,6	−19,52	

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 32. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Ammonium-kobaltorhodanit	Vakuum
Grammgehalt pro ccm . . .		0,91656	
Stromstärke Ampere	1,00	1,00	1,00
Ablenkung am Magnetometer .	327,2	327,3	327,3
Ablesung an der Skala . . .	504,2	769,0	504,1
	503,9	766,9	
	504,0	766,7	
	504,1	768,2	
	504,2	768,6	
arithmet. Mittel	504,1	767,9	504,1

Differenz: + 263,8.

Versuch II.

Grammgehalt pro ccm . . .		0,91656	
Ablesung an der Skala . . .	504,0	764,9	504,0
	503,8	766,2	
	504,3	767,3	
	504,0	766,9	
		765,1	
arithmet. Mittel	504,0	766,1	504.0

Differenz: 262,1.

Konzentration I.

Die Ablenkungen erfolgten, wie in Tabelle 31 angegeben, bei 17,0°; die Dichte der Lösung wurde jedoch bei 16,1° bestimmt.

Bei der starken Konzentration der Lösung und der Temperatur-Differenz von 0,9° mußte eine kleine Korrektion angebracht werden.

Es war[1])

$$m_t = m_o (1 - 0{,}00325\ t)$$

$$m_o = \frac{m_t}{1 - 0{,}00325\ t}$$

1) Vergl. Seite 15.

im vorliegenden Falle also:

$$m_o = \frac{89{,}3}{1 - 0{,}00325 \cdot t} = 94{,}52 \text{ Sktl.}$$

Beträgt also die durch den Einfluß der Temperatur verursachte Ablenkungsdifferenz zwischen 0° und 17,0°:

$$94{,}52 - 89{,}3 = 5{,}22 \text{ Sktl.},$$

so wird die Differenz zwischen 0° und 16,1°

$$\frac{5{,}22 \cdot 16{,}1}{17{,}0} = 4{,}96 \text{ Sktl.}$$

betragen.

Demnach beträgt die Ablenkung auf die Temperatur der Dichte-Bestimmung reduziert:

$$94{,}52 - 4{,}96 = 89{,}56 \text{ Skalenteile.}$$

Mithin

$\varkappa$ bei der Dichte 1,1346 und dem Salzgehalt 343,27 g pro 1000 ccm $= \frac{[+89{,}56 - (-6{,}26)] \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{7{,}9} = +9{,}460 \cdot 10^{-6}$

$$m = \frac{+9{,}460 \cdot 10^{-6}}{0{,}34327} = +0{,}2756 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +0{,}2756 \cdot 10^{-4} \cdot 399{,}428 = +1{,}1008 \cdot 10^{-2}$$

Konzentration II.

Korrektion wegen der Differenz der Temperaturen bei der Beobachtung der Ablenkung und der Dichtebestimmung + 0,9 Sktl.

Demnach:

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0809 und dem Salzgehalt 217,44 g pro 1000 ccm $= \frac{[+221{,}5 - (-25{,}94)] \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +6{,}433 \cdot 10^{-6}$

$$m = \frac{+6{,}433 \cdot 10^{-6}}{0{,}21744} = +0{,}2958 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +0{,}2958 \cdot 10^{-4} \cdot 399{,}428 = +1{,}1817 \cdot 10^{-2}$$

Konzentration III.

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0606 und dem Salzgehalt 162,91 g pro

$$1000 \text{ ccm} = \frac{[+148{,}0-(-26{;}97)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +4{,}549\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+4{,}549\cdot 10^{-6}}{0{,}16291} = +0{,}2792\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +0{,}2792\cdot 10^{-4}\cdot 399{,}428 = +1{,}1152\cdot 10^{-2}$$

Konzentration IV.

Korrektion wegen der Differenz der Temperaturen bei der Beobachtung der Ablenkung und der Dichte-Bestimmung: + 0,19 Sktl.

Somit

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0373 und dem Salzgehalt 100,17 g pro

$$1000 \text{ ccm} = \frac{[+78{,}6+0{,}19-(-28{,}14)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +2{,}7802\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+2{,}7802\cdot 10^{-6}}{0{,}10017} = +0{,}2775\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +0{,}2775\cdot 10^{-4}\cdot 399{,}428 = +1{,}1086\cdot 10^{-2}$$

Konzentration V.

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0162 und dem Salzgehalt 44,797 g pro

$$1000 \text{ ccm} = \frac{[+19{,}6-(-29{,}17)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +1{,}2688\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+1{,}2688\cdot 10^{-6}}{0{,}044797} = +0{,}2832\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = 0{,}2832\cdot 10^{-4}\cdot 399{,}428 = +1{,}1313\cdot 10^{-2}$$

Konzentration VI.

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0024 und dem Salzgehalt 9,3018 g pro

$$1000 \text{ ccm} = \frac{[-19{,}52-(-29{,}84)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}2680\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+\,0{,}2680 \cdot 10^{-6}}{0{,}009302} = +\,0{,}2881 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +\,0{,}2881 \cdot 10^{-4} \cdot 399{,}428 = +\,1{,}1504 \cdot 10^{-2}$$

Ammoniumkobaltorhodanit.

2. in festem Zustande.

$\varkappa'$ bei einem Salzgehalt von 0,91656 g pro ccm

$$= \frac{+\,262{,}95 \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{7{,}9} = 25{,}962 \cdot 10^{-6}$$

$$m' = \frac{+\,25{,}962 \cdot 10^{-6}}{0{,}91656} = +\,0{,}2832 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu' = +\,0{,}2832 \cdot 10^{-4} \cdot 399{,}428 = +\,1{,}1313 \cdot 10^{-2}$$

Der spezifische Magnetismus und der Molekularmagnetismus stimmen also beim Ammoniumkobaltorhodanit in allen Konzentrationen der wässrigen Lösung und auch in festem Zustande bis auf die Beobachtungsfehler überein. Demnach ist dieses Salz als Doppelsalz zu betrachten.

Viele Eigenschaften, wie die tiefblaue Farbe der konzentrierten wässrigen Lösungen, die Löslichkeit in zahlreichen organischen Stoffen, und ganz besonders der Umstand, daß in ganz konzentrierter wässriger Lösung der Kobalt zur Anode wandert, sprechen freilich dafür, daß in dem Salz das komplexe Jon: $[Co(SCN)_4]^{II}$ vorhanden ist.[1])

1) Vergl. Gmelin-Kraut-Friedheim VII. Aufl. Bd. V 1909, Seite 287.

Kaliumferrioxalat

$K_3 Fe(C_2O_4)_3 + 3H_2O$.

1. in gelöstem Zustande in 8 verschiedenen Konzentrationen.

Tabelle 33. Konzentration I—IV. Ruhelage 500,0

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kaliumferrioxalat Konzentration I	II	III	IV	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		19,5°	19,0°	19,7°	19,5°	
Salzgehalt pro 1000 ccm in g .		77,314	67,917	58,452	48,950	
Dichte der Lösung		1,0414	1,0354	1,0299	1,0252	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,5	655,3	655,4	655,2	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,8	580,7	568,9	557,3	546,1	516,0
	516,0	581,3	569,3	557,0	545,7	
	516,0	580,9	569,1	557,2	545,4	
	516,3	581,7	568,9	557,4	545,4	
	516,0	581,0	569,2	557,5	545,7	
arithmet. Mittel	516,0	581,1	569,08	557,28	545,66	516,0
Diff. d. Einst. geg. d. Vakuum .		+65,1	+53,08	+41,28	+29,66	

Konzentration V—VIII. Ruhelage 500,0

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kaliumferrioxalat Konzentration V	VI	VII	VIII	Vakuum
Temperatur der Flüssigkeit .		19,4°	19,7°	19,5°	19,7°	
Salzgehalt pro 1000 ccm in g .		39,333	29,464	19,839	9,9632	
Dichte der Lösung		1,0192	1,0088	1,0081	1,0025	
Stromstärke Ampere	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Ablenkung am Magnetometer .	655,4	655,2	655,3	655,2	655,4	655,4
Ablesung an der Skala . . .	515,8	533,8	521,7	510,0	498,0	515,8
	515,8	533,4	522,1	509,4	498,1	516,1
	516,0	533,7	521,8	510,1	498,0	516,0
	515,8	533,5	522,0	509,9	497,7	516,0
	515,7	533,9	521,6	509,9	498,2	516,0
arithmet. Mittel	515,8	533,66	521,84	509,86	498,0	516,0
Diff. d. Einst. geg. d. Vakuum .		+17,76	+ 5,94	— 6,04	—17,9	

2. in festem, pulverisiertem Zustande.

Tabelle 34. Versuch I. Ruhelage 500,0.

Inhalt des Ballons	Vakuum	Kaliumferri-oxalat	Vakuum
Salzgehalt pro ccm in Gramm .		1,2134	
Stromstärke Ampere	1,00	1,00	1,00
Ablenkung am Magnetometer .	327,6	327,6	327,7
Ablesung an der Skala . . .	504,3	877,1	504,5
	504,0	878,3	
	504,3	879,5	
	504,5	880,5	
	504,3	876,5	
algebr. Mittel	504,3	878,4	504,5

Differenz: 374,0.

Versuch II.

Salzgehalt pro ccm in Gramm .		1,2134	
Ablesung an der Skala . . .	504,6	884,0	504,2
	504,4	882,5	
	504,1	879,9	
	504,5	883,1	
		882,2	
	504,4	882,3	504,2

Differenz: 378,0.

Konzentration I.

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0414 und dem Salzgehalt 77,314 g pro

$$1000 \text{ ccm} = \frac{[+65{,}1-(-29{,}0)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = 2{,}446\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{+2{,}446\cdot 10^{-6}}{0{,}077314} = 0{,}3163\cdot 10^{-4}$$

$$\mu = +0{,}3163\cdot 10^{-4}\cdot 491{,}398 = +1{,}5545\cdot 10^{-2}$$

Konzentration II.

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0354 und dem Salzgehalt 67,917 g pro

$$1000 \text{ ccm} = \frac{[+53{,}08-(-29{,}11)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +2{,}137\cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{2{,}137 \cdot 10^{-6}}{0{,}067917} = + 0{,}3146 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = + 0{,}3146 \cdot 10^{-4} \cdot 491{,}398 = + 1{,}5461 \cdot 10^{-2}$$

Konzentration III.

x bei der Dichte 1,0299 und dem Salzgehalt 58,452 g pro 1000 ccm $= \frac{[41{,}27 - (- 29{,}23)] \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{30{,}0} = 1{,}833 \cdot 10^{-6}$

$$m = \frac{1{,}833 \cdot 10^{-6}}{0{,}058452} = + 0{,}3136 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = + 0{,}3136 \cdot 10^{-4} \cdot 491{,}398 = + 1{,}5410 \cdot 10^{-2}$$

Konzentration IV.

x bei der Dichte 1,0252 und dem Salzgehalt 48,950 g pro 1000 ccm $= \frac{[+29{,}66 - (-29{,}37)] \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{30{,}0} = + 1{,}535 \cdot 10^{-6}$

$$m = \frac{+ 1{,}535 \cdot 10^{-6}}{0{,}04895} = + 0{,}3135 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = + 0{,}3135 \cdot 10^{-4} \cdot 491{,}398 = 1{,}5406 \cdot 10^{-2}$$

Konzentration V.

x bei der Dichte 1,0192 und dem Salzgehalt 39,333 g pro 1000 ccm $= \frac{[17{,}76 - (- 29{,}48)] \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{30{,}0} = + 1{,}228 \cdot 10^{-6}$

$$m = \frac{1{,}228 \cdot 10^{-6}}{0{,}03933} = + 0{,}3122 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = + 0{,}3122 \cdot 10^{-4} \cdot 491{,}398 = + 1{,}5344 \cdot 10^{-2}$$

Konzentration VI.

x bei der Dichte 1,0088 und dem Salzgehalt 29,464 g pro 1000 ccm $= \frac{[+5{,}94 - (-29{,}46)] \cdot 0{,}78 \cdot 10^{-6}}{30{,}0} = + 0{,}921 \cdot 10^{-6}$

$$m = \frac{+ 0{,}921 \cdot 10^{-6}}{0{,}029464} = + 0{,}3125 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = + 0{,}3125 \cdot 10^{-4} \cdot 491{,}398 = + 1{,}5358 \cdot 10^{-2}$$

Konzentration VII.

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0081 und dem Salzgehalt 19,839 g pro 1000 ccm $= \frac{[-6{,}04-(-29{,}73)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}616\cdot 10^{-6}$

$m = \frac{+0{,}616\cdot 10^{-6}}{0{,}01984} = +0{,}3104\cdot 10^{-4}$

$\mu = +0{,}3104\cdot 10^{-4}\cdot 491{,}398 = +1{,}5256\cdot 10^{-2}$

Konzentration VIII.

$\varkappa$ bei der Dichte 1,0025 und dem Salzgehalt 9,9632 g pro 1000 ccm $= \frac{[-17{,}9-(-29{,}86)]\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{30{,}0} = +0{,}311\cdot 10^{-6}$

$m = \frac{+0{,}311\cdot 10^{-6}}{0{,}009963} = +0{,}3121\cdot 10^{-4}$

$\mu = +0{,}3121\cdot 10^{-4}\cdot 491{,}398 = +1{,}5340\cdot 10^{-2}$

Kaliumferrioxalat

in festem Zustande.

$\varkappa'$ bei einem Salzgehalt von 1,2134 g pro ccm $= \frac{+376\cdot 0{,}78\cdot 10^{-6}}{7{,}9} = +37{,}124\cdot 10^{-6}$

$m' = \frac{+37{,}124\cdot 10^{-6}}{1{,}2134} = +0{,}3060\cdot 10^{-4}$

$\mu' = +0{,}3060\cdot 10^{-4}\cdot 491{,}398 = +1{,}5036\cdot 10^{-2}$

Auch beim Kaliumferrioxalat stimmt der spezifische und der Molekular-Magnetismus der wässrigen Lösung in allen Konzentrationen mit dem spezifischen und dem Molekular-Magnetismus des festen Salzes überein.

Obgleich einige Eigenschaften, wie z. B. die grüne Farbe, auf einen Komplex $[Fe(C_2O_4)_3]^{III}$ hinweisen, muß das Kaliumferrioxalat seinen magnetischen Eigenschaften zufolge als Doppelsalz aufgefaßt werden.[1])

1) Vergl. Hollemann, Lehrbuch der org. Chemie VII. Aufl. 1909, Seite 170.

Zusammenfassung der Resultate.

In der Tabelle 35 möge der Molekularmagnetismus der untersuchten Salze der Übersicht wegen zusammengestellt werden:

Tabelle 35.

Name des Salzes	Molekularmagnetismus	
	gelöster Zustand $\mu \cdot 10^2$	fester Zustand $\mu' \cdot 10^2$
Nickelnatriumcyanür	— 0,00962	— 0,00949
Nickelkaliumcyanür	— 0,0093	— 0,0093
Kobalticyannatrium	— 0,0105	— 0,0108
Kobalticyankalium	— 0,0134	— 0,0131
Kaliumtetranitrodiaminkobaltiak	+ 0,00134	+ 0,00136
Carbonatotetraminkobaltinitrat	+ 0,00054	+ 0,00480
Kobaltinatriumoxalat	+ 0,00147	+ 0,0125
Kobaltikaliumoxalat	+ 0,00490	+ 0,01345
Kobaltiammoniumoxalat	+ 0,00026	+ 0,0117
Kobaltikaliumnatriumoxalat KNa_2	+ 0,002247	+ 0,01454
Kobaltikaliumnatriumoxalat K_3Na_3	+ 0,00856	+ 0,02549
Ammoniumnatriumkobaltinitrit	+ 2,3049	+ 1,6630
Ammoniumkobaltorhodanit Konzentr. I	+ 1,1008	+ 1,1313
„ „ „ II	+ 1,1817	
„ „ „ III	+ 1,1152	
„ „ „ IV	+ 1,1086	
„ „ „ V	+ 1,1313	
„ „ „ VI	+ 1,1504	
Kaliumferrioxalat Konzentr. I	+ 1,5545	+ 1,5036
„ „ II	+ 1,5461	
„ „ III	+ 1,5410	
„ „ IV	+ 1,5406	
„ „ V	+ 1,5344	
„ „ VI	+ 1,5358	
„ „ VII	+ 1,5256	
„ „ VIII	+ 1,5340	

Auffälligerweise zeigen die Doppel- und Tripeloxalate des Kobalts in festem Zustande einen größeren Molekularmagnetismus als in gelöstem Zustande.

Da die Salze in festem Zustande etwa 4 Monate später untersucht wurden, als deren Lösungen, so haben sich die festen Salze in dieser Zeit vermutlich zu einem ganz geringen Teile zersetzt und erweisen sich daher etwas mehr paramagnetisch als ihre Lösungen.

Die Ergebnisse können also kurz so zusammengefaßt werden:

1. Die magnetischen Eigenschaften der untersuchten Salze stimmen bis auf geringe Abweichungen mit Ausnahme des Ammoniumnatriumkobaltinitrit in festem und gelöstem Zustande überein.

2. Das Nickel bezw. der Kobalt der untersuchten Cyansalze und Kobaltiake bilden mit den Säureradikalen in festem und gelöstem Zustande sehr beständige komplexe Jonen; in Übereinstimmung mit der Pascalschen Regel ist der Magnetismus der beiden Metalle verschleiert.

Die Cyansalze erweisen sich schwach diamagnetisch, die Kobaltiaksalze äußerst schwach paramagnetisch.

3. Die untersuchten Doppel- und Tripeloxalate des Kobalts sind gleichfalls Komplexsalze; die Komplexionen sind jedoch von geringerer Beständigkeit, als die der untersuchten Cyansalze und Kobaltiake, in wässriger Lösung unterliegen sie einem mit der Zeit und der Zunahme der Temperatur fortschreitenden Zerfall, in festem Zustande geht der Zerfall äußerst langsam vor sich. Wieder in Übereinstimmung mit der Pascalschen Regel ist der Zerfall des Komplexes mit einer Zunahme des zunächst nur sehr schwachen Paramagnetismus verknüpft.

4. Ammoniumnatriumkobaltinitrit ist ebenfalls ein Komplexsalz, welches schon im festen Zustande zerfällt, jedoch bedeutend schneller als die Komplexe der untersuchten Oxalate.

In gelöstem Zustande zerfällt der Komplex vollständig, was wieder in Übereinstimmung mit der Pascalschen Regel mit einer Zunahme des Paramagnetismus verbunden ist.

5. Ammoniumkobaltorhodanit und Kaliumferrioxalat müssen der Pascalschen Regel zufolge als Doppelsalze aufgefaßt werden, denn sie zeigen in allen Konzentrationen der wässrigen Lösungen und in festem Zustande gleich starken, einem normalen Kobalt- oder Eisensalze entsprechenden Paramagnetismus.

Zum Schluß ist es mir eine sehr angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geh. Regierungsrat Prof. Dr. E. Dorn, auch an dieser Stelle für die freundliche Anregung zu dieser Arbeit und für die dauernde Unterstützung während deren Anfertigung meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Geboren bin ich, Wilhelm Georg Hermann Depold, am 12. August 1887 zu Helmstedt, Kreis Helmstedt in Braunschweig als Sohn des Ziegeleibesitzers Hermann Depold und seiner Ehefrau Wilhelmine geb. Jürgens. Ich bin braunschweigischer Staatsangehöriger und evangelischer Konfession. Meinen ersten Schulunterricht genoß ich in der I. Knabenbürgerschule meines Heimatsortes; darauf besuchte ich das herzogliche Gymnasium zu Helmstedt, welches ich Ostern 1907 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Ich studierte Mathematik und Naturwissenschaften von Ostern 1907 bis Michaelis 1908 an der technischen Hochschule zu Braunschweig, von Michaelis 1908 bis Michaelis 1911 an der königl. Universität zu Halle.

Von Februar 1911 bis Juli 1912 war ich mit der Anfertigung vorliegender Arbeit beschäftigt.

Von Juli bis Dezember 1912 war ich als Lehrer an einem auswärtigen Institute tätig. Am 7. Mai 1913 bestand ich das Examen rigorosum.

Während meines Studiums waren meine Lehrer folgende Herren Professoren und Dozenten:

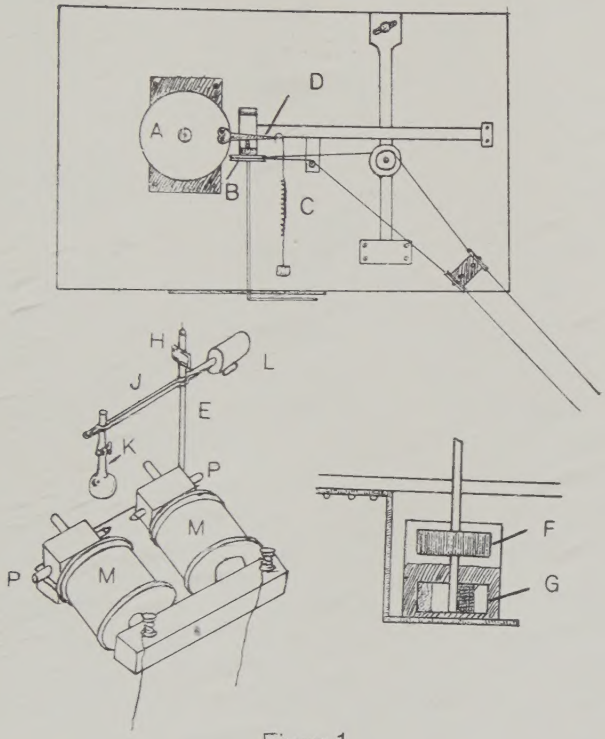
in Braunschweig:

Fricke, Zenneck, Meyer, Ludwig, Stolley, Blasius, Bloetz;

in Halle:

Dorn, Schmidt, Gutzmer, Wangerin, Eberhard, Vorländer, Tubandt, Menzer, Meumann, Krueger, Uphues, Fries, Walther, Luedecke †, Kern, Jahn.

Allen meinen verehrten Lehrern bin ich zu großem Danke verpflichtet.



Figur 1.

Figur 2.